



⑯ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑯ Patentschrift  
⑯ DE 198 44 637 C 1

⑮ Int. Cl. 6:  
F 02 D 41/18

BS

⑰ Aktenzeichen: 198 44 637.3-26  
⑱ Anmeldetag: 29. 9. 98  
⑲ Offenlegungstag: -  
⑳ Veröffentlichungstag der Patenterteilung: 14. 10. 99

DE 198 44 637 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑳ Patentinhaber:  
Siemens AG, 80333 München, DE

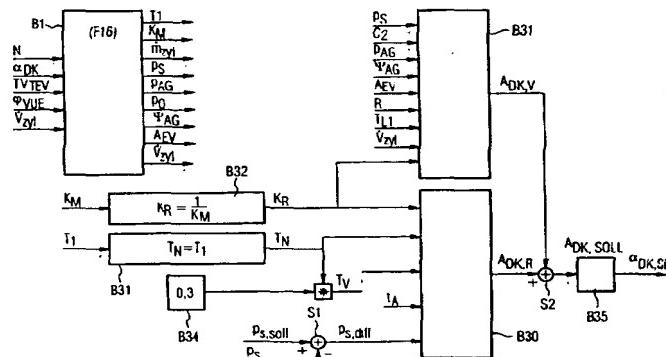
⑷ Erfinder:  
Hartke, Andreas, 93049 Regensburg, DE; Koch, Achim, 93105 Tegernheim, DE

⑶ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht gezogene Druckschriften:

WO 97 35 106

⑷ Einrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine

⑸ Die Brennkraftmaschine hat einen Ansaugtrakt, in dem eine Drosselklappe angeordnet ist. Eine Steuereinrichtung hat einen Beobachter, der ein dynamisches Modell des Ansaugtraktes der Brennkraftmaschine umfaßt und einen Regler (B30), dessen Regel- und Führungsgröße der Saugrohrdruck ( $p_s$ ) in dem Ansaugtrakt ist, dessen Regelparameter abhängen von Größen, die der Beobachter ermittelt und der ein Stellsignal zum Steuern der Drosselklappe erzeugt.



# DE 198 44 637 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine, bei der insbesondere die Laststeuerung über die Gaswechselventile erfolgt.

- 5 Aus der WO 97/35106 ist eine Einrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine bekannt. Die Einrichtung umfaßt ein dynamisches Modell des Ansaugtraktes und einer externen Abgasrückführung der Brennkraftmaschine, das aus Gleichungen für die Massenstrombilanzen im Ansaugtrakt und der Abgasrückführeinrichtung und der Durchflußgleichungen idealer Gase an Drosselstellen abgeleitet ist. Eingangsgrößen des dynamischen Modells sind die Meßgrößen Drehzahl und Öffnungsgrad der Drosselklappe.
- 10 Bei Brennkraftmaschinen mit einer Laststeuerung durch die Gaswechselventile, also die Ein- und Auslaßventile, erfolgt in weiten Betriebsbereichen der Brennkraftmaschine keine oder nur eine geringe Drosselung der Ansaugluft im Ansaugtrakt.

Zum Desorbieren von Kraftstoffdämpfen aus einem Aktivkohlefilter einer Tankentlüftungseinrichtung und Ableiten der Kraftstoffdämpfe über ein Tankentlüftungsventil in den Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine oder zum Gewährleisten, daß eingespritzter Kraftstoff auch im leerlaufnahmen Drehzahlbereich mit hoher Güte mit der Ansaugluft vermischt wird oder verdampft, erfolgt eine Drosselung der Ansaugluft in dem Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine durch die Vorgabe eines Saugrohrdrucks.

Die Aufgabe der Erfindung ist es, eine Einrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine zu schaffen, die den Saugrohrdruck in dem Ansaugtrakt der Brennkraftmaschine genau einstellt und die zudem einfach ist.

20 Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen (Ansprüche 2 bis 11) gekennzeichnet.

Die Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß ein Regler vorgesehen ist, der den Saugrohrdruck mit hoher Güte einstellt. Die Regelparameter des Reglers werden dabei während des Betriebs der Brennkraftmaschine angepaßt abhängig von aktuellen Werten von Größen, die ein Beobachter ermittelt, der ein dynamisches Modell des Ansaugtraktes der 25 Brennkraftmaschine umfaßt. Ein derartiger Beobachter ist vorzugsweise ohnehin vorhanden zum Berechnen beispielsweise des Gasmassenstroms, der von dem Zylinder angesaugt wird. Die Regelparameter des Reglers können somit ohne zusätzlichen Rechenaufwand angepaßt werden.

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind anhand der schematischen Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1: eine Brennkraftmaschine,  
30 Fig. 2: ein Blockschaltbild einer Steuereinrichtung für die Brennkraftmaschine mit einem dynamischen Modell, einem Regler und einer Vorsteuerung.

Eine Brennkraftmaschine (Fig. 1) umfaßt einen Ansaugtrakt 1 mit einem Saugstutzen 10, einem Sammler 11 und einem Einlaßkanal 12. Die Brennkraftmaschine umfaßt ferner einen Motorblock 2, der den Zylinder Z1 und eine Kurbelwelle 23 aufweist. Ein Kolben 21 und eine Pleuelstange 22 sind dem Zylinder Z1 zugeordnet. Die Pleuelstange 22 ist mit dem Kolben 21 und der Kurbelwelle 23 verbunden. Ein Zylinderkopf 3 ist vorgesehen, in dem ein Ventiltrieb angeordnet ist mit mindestens einem Einlaßventil 30 und einem Auslaßventil 31. Jedem der Gaswechselventile, die als Einlaßventil 30 und als Auslaßventil 31 ausgebildet sind, ist ein Ventilantrieb 32, 33 zugeordnet. Die Ventilantriebe 32, 33 steuern den Hubbeginn, die Dauer des Hubes und somit das Hubende und ggf. den Hubbetrag des jeweiligen Gaswechselventils. Die Ventilantriebe 32, 33 sind vorzugsweise als elektromechanische Stellantriebe ausgebildet mit mindestens einem Elektromagneten, einem Anker mit einer Ankerplatte, die zwischen einer ersten Anlagefläche des Elektromagneten und einer weiteren Anlagefläche beweglich ist und die mit mindestens einem Rückstellmittel einem Feder-Masse-Schwinger bildet. Durch entsprechendes Bestromen oder Nicht-Bestromen einer Spule des Elektromagneten wird das Gaswechselventil in eine Offenposition oder eine Schließposition gebracht. Die Ventilantriebe 32, 33 können auch elektrohydraulisch oder in einer sonstigen, dem Fachmann bekannten Weise derart ausgebildet sein, daß ein zum Einstellen der Last ausreichendes Ansprechverhalten des Stellantriebs gewährleistet ist. In dem Ansaugtrakt 1 ist ein Einspritzventil 15 in dem Einlaßkanal 12 angeordnet. In dem Zylinderkopf 3 ist ferner eine Zündkerze eingebracht. Das Einspritzventil 15 kann alternativ auch derart in dem Zylinderkopf 3 angeordnet sein, daß der Kraftstoff direkt in dem Brennraum des Zylinders Z1 zugemessen wird.

Neben dem Zylinder Z1 umfaßt die Brennkraftmaschine noch weitere Zylinder Z2, Z3 und Z4, denen entsprechend ein 50 Ein- und Auslaßventil, Ventilantriebe, Einspritzventile und Zündkerzen zugeordnet sind.

Ein Abgastrakt 4 mit einem Katalysator 40 und einer Sauerstoffsonde ist der Brennkraftmaschine zugeordnet. Ferner ist eine Tankentlüftungseinrichtung vorgesehen mit einem ersten Rohr 51, das über einen Kraftstofftank 52 mit einem Aktivkohlefilter 53, das Kraftstoffdämpfe adsorbiert und desorbiert verbunden. Das Aktivkohlefilter 53 ist über ein zweites Rohr 54 mit dem Sammler 11 verbunden. In dem zweiten Rohr 54 ist ein Tankentlüftungsventil 55 angeordnet, das 55 durch Vorgabe eines Tastverhältnisses TV<sub>TEV</sub> angesteuert wird.

Eine Steuereinrichtung 6 ist vorgesehen, der Sensoren zugeordnet sind, die verschiedene Meßgrößen erfassen und jeweils den Meßwert der Meßgröße ermitteln. Die Steuereinrichtung 6 ermittelt abhängig von mindestens einer Meßgröße Stellsignale zum Steuern der Ventilantriebe 32, 33, des Einspritzventils 15, der Zündkerze 34, des Tankentlüftungsventils 55 und der Drosselklappe 14.

60 Die Sensoren sind ein Pedalstellungsgeber 71, der eine Pedalstellung PV des Fahrpedals 7 erfäßt, ein Positionssensor 16, der einen Öffnungsgrad  $\alpha_{DK}$  der Drosselklappe 14 erfäßt, ein Luftmassenmesser 17, der einen Luftmassenstrom  $m_L$  erfäßt, ein erster Temperatursensor 18, der eine Temperatur  $T_{L1}$ , des von dem Zylinder Z1 angesaugten Gasgemisches erfäßt, ein Kurbelwellenwinkel-Geber 24, der einen Kurbelwellenwinkel KW erfäßt, aus dessen zeitlichen Verlauf in der Steuereinrichtung 6 die Drehzahl N der Kurbelwelle 23 berechnet wird, ein zweiter Temperatursensor 25, der eine Kühlmitteltemperatur  $T_{KUEL}$  erfäßt. Je nach Ausführungsform der Erfindung kann eine beliebige Untermenge der genannten Sensoren oder auch zusätzliche Sensoren vorhanden sein. Der erste Temperatursensor 18 kann beispielsweise auch stromaufwärts der Drosselklappe 14 angeordnet sein.

Die Steuereinrichtung 6 ist vorzugsweise als elektronische Motorsteuerung ausgebildet. Sie kann jedoch auch mehrere

# DE 198 44 637 C 1

Steuergeräte umfassen, die elektrisch leitend miteinander verbunden sind, so z. B. über ein Bussystem.

Ein physikalisches Modell der Brennkraftmaschine ist in der Steuereinrichtung 6 gespeichert und wird von dieser abgearbeitet. Ein Saugrohrdruck  $p_S$  in dem Ansaugtrakt und ein Gasmassenstrom  $\dot{m}_{zyl}$  in den Zylinder Z1 werden mittels dieses Modells berechnet. Das dynamische Modell wird im folgenden erläutert. Für den Saugrohrdruck  $p_S$  lässt sich folgende Differentialgleichung aus der Zustandsgleichung idealer Gase, also der Massenstrombilanz aufstellen:

$$\dot{p}_S = \frac{RT_{L,1}}{V_S} (\dot{m}_{DK} + \dot{m}_{AGR} - \dot{m}_{zyl}) \quad (F1)$$

Dabei bezeichnet R die allgemeine Gaskonstante,  $V_S$  das Volumen des Ansaugtraktes stromabwärts der Drosselklappe 14,  $T_{L,1}$  die Temperatur des vom Zylinder angesaugten Gasgemisches,  $\dot{m}_{DK}$  den Luftmassenstrom an der Drosselklappe,  $\dot{m}_{AGR}$  den aus interner Abgasrückführung resultierenden Massenstrom und  $\dot{m}_{zyl}$  den Gasmassenstrom in den Zylinder Z1.

Der Luftmassenstrom  $\dot{m}_{DK}$  an der Drosselklappe 14 wird aus der Durchflußgleichung idealer Gase durch Drosselstellen abgeleitet. Demnach gilt

$$\dot{m}_{DK} = A_{DK} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{L0}}} \Psi_{DK} p_0 \quad (F2)$$

mit

$$\sqrt{\left(\frac{p_S}{p_0}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{p_S}{p_0}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}} \quad (F3)$$

für unterkritische Druckverhältnisse und

$$\sqrt{p_{q,krit}^{\frac{2}{\kappa}} - p_{q,krit}^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}} \quad (F4)$$

für kritische Druckverhältnisse. Dabei bezeichnet  $A_{DK}$  den Strömungsquerschnitt an der Drosselklappe 14,  $\kappa$  den Adiabaten-Exponenten ( $\kappa$  ist z. B. 1,4),  $\Psi_{DK}$  die Durchflußfunktion für die Drosselklappe,  $p_0$  den Umgebungsdruck und  $p_{q,krit}$  ein kritisches Druckverhältnis zwischen dem Saugrohrdruck  $p_S$  und dem Umgebungsdruck  $p_0$  mit dem Wert 0,52.

Falls bevorzugt ein elektromechanischer Ventilantrieb 32, 33 eingesetzt wird, so gewährleisten entsprechende Funktionen in der Steuereinrichtung 6, daß Bauteilstreuungen der Ventilantriebe 32, 33 mit einer so ausreichenden Güte kompensiert werden, daß der von dem Zylinder Z1 angesaugte Gasmassenstrom  $\dot{m}_{zyl}$ , abhängig von einem Soll-Mengenstrom  $\dot{V}_{zyl}$  in den Zylinder Z1 ermittelt werden kann. Demnach ergibt sich die Beziehung

$$\dot{m}_{zyl} = \dot{V}_{zyl} \frac{p_S}{RT_{L,1}} \quad (F5)$$

Eine interne Abgasrückführung erfolgt durch entsprechendes Einstellen der Ventilüberschneidung, die definiert ist als der Bereich des Kurbelwellenwinkels KW, in dem sowohl das Einlaßventil 30 als auch das Auslaßventil 31 zumindest einen Teil ihrer Strömungsquerschnitte am Ein- und Auslaßkanals des Zylinders freigeben. Bei interner Abgasrückführung strömt ein Teil des Abgases zurück in den Ansaugtrakt 1 und wird dann im folgenden Ansaugtrakt wieder in den Brennraum des Zylinders Z1 angesaugt. Falls ein Druckgefälle von dem Abgastrakt 4 hinzu dem Zylinder Z1 und weiter hin zu dem Ansaugtrakt 1 besteht, so strömt auch Abgas von dem Abgastrakt 4 zurück in den Zylinder Z1 und von dort in den Ansaugtrakt 1.

Der aus interner Abgasrückführung resultierende Massenstrom  $\dot{m}_{AGR}$  hängt wesentlich ab von einem Winkelabschnitt  $\Phi_{VUE}$  der Ventilüberschneidung, der bezogen ist auf den Kurbelwellenwinkel KW ist und in dem sowohl das Einlaßventil 30 als auch das Auslaßventil 31 zumindest einen Teil ihrer Strömungsquerschnitte am Ein- und Auslaßkanal des Zylinders Z1 freigeben.

Der aus interner Abgasrückführung resultierende Massenstrom  $\dot{m}_{AGR}$  wird aus der Durchflußgleichung idealer Gase durch Drosselstellen abgeleitet. Es gilt:

$$\dot{m}_{AGR} = A_{EV} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{AG}}} \Psi_{AG} p_{AG} \quad (F6)$$

mit

$$5 \quad \sqrt{\left(\frac{P_{AG}}{P_{Sj}}\right)^{\frac{2}{\kappa}} - \left(\frac{P_{AG}}{P_{Sj}}\right)^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}} \quad (F7)$$

für unterkritische Druckverhältnisse und

$$10 \quad \sqrt{P_{q,krit}^{\frac{2}{\kappa}} - P_{q,krit}^{\frac{\kappa+1}{\kappa}}} \quad (F8)$$

für überkritische Druckverhältnisse, wobei  $A_{EV}$  der Strömungsquerschnitt an dem Einlaßventil 30 ist,  $T_{AG}$  die Abgasstemperatur ist,  $p_{AG}$  der Abgasdruck in dem Zylinder Z1 während der Ventilüberschneidung ist und  $\psi_{AG}$  die Durchflußfunktion an dem Einlaßventil 30 ist. Der freie Strömungsquerschnitt  $A_{FV}$  an dem Einlaßventil 30 während der Ventilüberschneidung wird hauptsächlich durch die Dauer der gleichzeitigen Öffnung des Ein- und Auslaßventils 30, 31 bestimmt. Je größer der Winkelabschnitt  $\varphi_{VUE}$  der Ventilüberschneidung ist, desto größer ist der Strömungsquerschnitt  $A_{EV}$  an dem Einlaßventil 30. Bei einem gleichen Winkelabschnitt  $\varphi_{VUE}$  der Ventilüberschneidung wird durch ein Verschieben eines Schwerpunktswinkels  $\varphi_{VUE,SP}$  der Ventilüberschneidungsfläche bezogen auf den oberen Totpunkt LW-OT in Richtung des Abgastaktes die rückströmende Abgasmasse verringert.

20 Setzt man die Beziehung (F2), (F5), (F6) in (F1) ein, so ergibt sich daraus folgende Beziehung für den Saugrohrdruck  $p_s$ :

$$25 \quad \dot{p}_s = \frac{RT_{L1}}{V_s} \left( A_{DK} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{L0}}} \psi_{DK} p_0 + A_{EV} \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{AG}}} \psi_{AG} p_{AG} - \dot{V}_{zyl} \frac{p_s}{RT_{L1}} \right) \quad (F9)$$

Mit den Abkürzungen

$$30 \quad c_1 = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{L0}}} \quad (F10)$$

$$35 \quad c_1 = \sqrt{\frac{2\kappa}{\kappa-1} \frac{1}{RT_{AG}}} \quad (F11)$$

ergibt sich:

$$40 \quad \dot{p} \frac{RT_{L1}}{V_s} \left( A_{DK} c_1 \psi p_0 - \dot{V}_{zyl} \frac{p_s}{RT_{L1}} + A_{EV} c_2 \psi_{AG} p_{AG} \right) \quad (F12)$$

45 Für eine zeitdiskrete Darstellung der Beziehung (F12) wird ein Ansatz nach der Trapezintegration gemacht. Alternativ kann jedoch auch ein beliebiges anderes zeitdiskretes Integrationsverfahren, wie z. B. das Euler-Verfahren, eingesetzt werden. Ein Index i kennzeichnet jeweils den Wert der jeweiligen Größe im aktuellen Berechnungszyklus, ein Index i - 1 kennzeichnet jeweils den Wert der jeweiligen Größe aus dem letzten Berechnungszyklus.

50 Mit dem Ansatz der Trapezintegration ergibt sich für den Saugrohrdruck  $p_{s,i}$  im aktuellen Berechnungszyklus die Beziehung:

$$\dot{p}_{s,j} = p_{s,j-1} + \frac{t_A}{2} (\dot{p}_{s,i-1} + \dot{p}_{s,i}) \quad (F13)$$

55 wobei  $\dot{p}_s$  die zeitliche Ableitung des Saugrohrdrucks ist und  $t_A$  die Abtastzeit ist, d. h. die Zeitdauer von einem Beginn eines Berechnungszyklusses bis zum Beginn des nächsten Berechnungszyklusses.

Für die Abtastzeit  $t_A$  wird vorzugsweise die Segmentzeit  $t_{SEG}$  vorgegeben, die gegeben ist durch

$$60 \quad t_{SEG} = \frac{1}{N \cdot Z} \quad (F14)$$

wobei Z die Zylinderzahl und N die Drehzahl ist.

Die Beziehung (F12) eingesetzt in (F13) ergibt

65

$$p_{S,i} = p_{S,i-1} + \frac{t_A}{2} \dot{p}_{S,i-1} + \frac{t_A R T_{L1}}{2 V_s} \left( A_{DK} c_1 \psi_{DK} p_0 - \dot{V}_{zyl} \frac{p_{S,i}}{R T_{L1}} + A_{EV} c_2 \psi_{AG} p_{AG,i} \right) \quad (F15)$$

5

Wird (F15) nach dem Saugrohrdruck  $p_S$  aufgelöst, so ergibt sich die rekursive Modellgleichung:

$$p_{S,i} = \frac{p_{S,i-1} + \frac{t_A}{2} \dot{p}_{S,i-1} + \frac{t_A R T_{L1}}{2 V_s} \left( A_{DK} c_1 \psi_{DK} p_0 + A_{EV} c_2 \psi_{AG} p_{AG,i} \right)}{1 + \frac{t_A}{2} \dot{V}_{zyl} / V_s} \quad (F16)$$

10  
15

Für die zeitliche Ableitung  $\dot{p}_S$  des Saugrohrdrucks kann näherungsweise angesetzt werden

$$\dot{p}_{S,i-1} = p_{S,i-1} - p_{S,i-1} \quad (F18)$$

Die Beziehung (F12) kann jedoch auch so umgeformt werden, daß sich ergibt:

$$\dot{p}_S \frac{V_s}{\dot{V}_{zyl}} + p_S = \frac{R T_{L1}}{\dot{V}_{zyl}} A_{DK} c_1 \psi_{DK} p_0 + \frac{R T_{L1}}{\dot{V}_{zyl}} A_{EV} c_2 \psi_{AG} p_{AG} \quad (F18)$$

20  
25

mit

$$K_m = \frac{R T_{L1}}{\dot{V}_{zyl}} c_1 \psi_{DK} p_0 \quad (F19)$$

30

$$T_1 = \frac{V_s}{\dot{V}_{zyl}} \quad (F20)$$

35

ergibt sich

wobei (F21) die Modellgleichung des Modells des Ansaugtraktes 1 ist und  $T_1$  die Zeitkonstante dieses Modells und  $K_m$  die Verstärkung dieses Modells sind.

In Fig. 2 sind die für die Erfüllung relevanten Teile der Steuereinrichtung 6 in einem Blockdiagramm dargestellt. Ein Beobachter B1, der das dynamische Modell des Ansaugtraktes umfaßt, wobei die Beziehungen (F15), (F19), (F20), (F5), (F21), (F19) und (F20) in dem Beobachter in Form eines Programms, das in der Steuereinrichtung 6 gespeichert ist und in dieser auch abgearbeitet wird, jeweils einmal pro Berechnungszyklus neu berechnet werden.

Bevorzugt werden die in den Beziehungen (F1) bis (F20) enthaltenen Wurzel-Terme und einzelne Größen aus Kennlinien oder Kennfeldern ermittelt. So wird beispielsweise ein mittlerer Strömungssquerschnitt  $A_{EV}$  an dem Einlaßventil 30 während der Ventilüberschneidung aus einem Kennfeld abhängig von dem Winkelabschnitt  $\varphi_{VUE}$  der Ventilüberschneidung, der vorgegeben ist, ermittelt. Der Wert  $c_1$  der Beziehung (F10) wird aus einer Kennlinie abhängig von der Temperatur  $T_{L0}$  der Ansaugluft im Bereich der Drosselklappe 14 ermittelt. Die Temperatur  $T_{L0}$  wird abhängig von der Kühlmitteltemperatur  $T_{KUEHL}$  und der Ansauglufttemperatur  $T_{L1}$  ermittelt. Der Wert  $c_2$  der Beziehung (F11) wird aus einem Kennfeld abhängig von einer Abgastemperatur  $T_{AG}$  ermittelt. Die Abgastemperatur  $T_{AG}$  kann dabei mit guter Genauigkeit aus dem in dem letzten Berechnungszyklus berechneten Gasmassenstrom  $\dot{m}_{zyl}$  in den Zylinder Z1 abgeschätzt werden. Der Umgebungsdruck  $p_0$  liegt entweder als Meßwert eines Umgebungsdrucksensors vor oder wird in vorgegebenen Betriebszuständen – z. B. bei vollständig geöffneter Drosselklappe 14 – aus dem Saugrohrdruck  $p_S$  ermittelt. Die Durchflußfunktion  $\psi_{DK}$  an der Drosselklappe 14 wird ebenfalls aus einer Kennlinie ermittelt und zwar abhängig von dem Umgebungsdruck  $p_0$  und dem Verhältnis eines Näherungswertes des Saugrohrdrucks  $p_S$  des aktuellen Berechnungszyklus, der mittels eines numerischen Integrationsverfahrens, beispielsweise des Euler-Verfahrens, aus dem Saugrohrdruck  $p_{S,i-1}$  des vorangegangenen Berechnungszyklusses, der zeitlichen Ableitung  $\dot{m}_{S,i-1}$  des Saugrohrdrucks des vorangegangenen Berechnungszyklusses und der Abtastzeit  $t_A$  berechnet wird. Statt eines Abgasdrucks  $p_{AG}$  wird ein mittlerer Abgasdruck  $\bar{p}_{AG}$  während der Ventilüberschneidung ermittelt, um so Rechenzeit zu sparen. Der mittlere Abgasdruck  $\bar{p}_{AG}$  ergibt sich aus der folgenden Beziehung:

$$\bar{p}_{AG} = p_0 + p_{AG,dif} \alpha_{VUE,SP} \quad (F21)$$

Der Differenzdruck  $p_{AG,dif}$  wird einer Kennlinie entnommen, in der Werte des Differenzdrucks durch die Verbrennung des Luft-Kraftstoff-Gemisches in dem Zylinder abhängig von dem in dem vorangegangenen Berechnungszyklus berechneten Gasmassenstrom  $\dot{m}_{zyl}$  in dem Zylinder Z1 aufgetragen sind. Ein Korrekturfaktor  $\alpha_{VUE,SP}$  ist vorgesehen zur Korrektur des mittleren Abgasdrucks  $\bar{p}_{AG}$  in dem Zylinder Z1 während der Ventilüberschneidung abhängig von einem

# DE 198 44 637 C 1

Schwerpunktwinkel  $\varphi_{VUE,SP}$  der Ventilüberschneidung. Der Korrekturfaktor  $\alpha_{VUE,SP}$  wird aus einem Kennfeld abhängig von dem Schwerpunktswinkel  $\varphi_{VUE,SP}$  der Ventilüberschneidung ermittelt. Der Schwerpunktswinkel  $\varphi_{VUE,SP}$  der Ventilüberschneidung ist der Winkel des Schwerpunkts einer Fläche der Ventilüberschneidung, die in einem Raum gebildet ist, der einerseits durch den Kurbelwellenwinkel KW und andererseits durch den Ventilhub aufgespannt ist.

- 5 Die Durchflußfunktion  $\psi_{AG}$  an dem Einlaßventil 30 wird aus einer Kennlinie abhängig von dem Verhältnis des mittleren Abgasdrucks  $p_{AG}$  und des Näherungswertes des Saugrohrdruck  $p_S$  des aktuellen Berechnungszyklusses ermittelt.

Ein Block B30 umfaßt einen Regler, dessen Regel- und Führunggröße der Saugrohrdruck  $p_S$  ist. In einer Summierstelle S1 wird die Differenz des Saugrohrdrucks  $p_S$  und seines Sollwertes  $p_{S,Soll}$  ermittelt und als Regeldifferenz  $p_{S,Diff}$  dem Regler im Block B30 zugeführt. Der Sollwert  $p_{S,Soll}$  wird beispielsweise abhängig von einer Größe, die die Last an der Brennkraftmaschine repräsentiert, oder abhängig von Saugrohrdruckanforderungen von Funktionen zur Tankentlüftung oder zu der Leerlaufdrehzahl-Regelung ermittelt. Der Regler des Blocks B30 ist vorzugsweise als PID-Regler (Proportional-, Integral-, Differential-Regler) ausgebildet, dessen rekursive Berechnungsvorschrift lautet:

$$15 \quad A_{DK,R}(i) = A_{DK,R}(i-1) + K_R \left[ \left( 1 + \frac{T_V}{t_A} \right) p_{S,Diff}(i) - \left( 1 + 2 \frac{T_V}{t_A} - \frac{t_A}{T_N} \right) p_{S,Diff}(i-1) + \frac{T_V}{t_A} p_{S,Diff}(i-2) \right]$$

(F24)

wo bei  $K_R$  ein Verstärkungsfaktor,  $T_N$  eine Nachstellzeit und  $T_V$  eine Vorhaltezeit sind.

- Der Nachstellzeit  $T_N$  wird in einem Block B31 in Anwendung des Polkompensations-Verfahrens die Zeitkonstante  $T_1$  des Modells zugeordnet. Die Vorhaltezeit  $T_V$  wird durch Multiplikation der Nachstellzeit  $T_N$  mit einem in einem Block B34 vorgegebenen Wert, der beispielsweise 0,3 beträgt, ermittelt.

In einem Block B32 wird dem Verstärkungsfaktor  $K_R$  der inverse Wert der Verstärkung  $K_m$  des Modells zugeordnet.

Durch die Parametrierung der Nachstellzeit  $T_N$ , des Verstärkungsfaktors  $K_R$  und der Vorhaltezeit  $T_V$  entsprechend der Berechnungsvorschriften der Blöcke B32, B31 und B34 ist gewährleistet, daß der Regler des Blocks B30 mit hoher Regelgüte den Saugrohrdruck  $p_S$  auf seinen Sollwert  $p_{S,Soll}$  einregeln kann, auch unabhängig vom aktuellen Betriebspunkt, in dem sich die Brennkraftmaschine befindet.

Der Regler des Blocks B30 berechnet gemäß der Berechnungsvorschrift (F24) einen Regelwert  $A_{DK,R}$  des Strömungsquerschnitts an der Drosselklappe.

Die Genauigkeit des Einstellens des Saugrohrdrucks  $p_S$  auf seinen Sollwert  $p_{S,Soll}$  kann noch erhöht werden, wenn in einem Block B31 ein Vorsteuerwert  $A_{DK,V}$  des Strömungsquerschnitts einer Drosselklappe ermittelt wird. Die Berechnungsvorschrift zum Berechnen des Vorsteuerwertes  $A_{DK,V}$  wird aus der Beziehung (F21) unter der Annahme eines stationären Saugrohrdrucks  $p_S$ , d. h.  $\dot{p}_S = 0$  hergeleitet. Sie lautet wie folgt:

$$40 \quad A_{DK,V} = \frac{RT_{L1}}{\dot{V}_{zyl}} A_{EV} c_2 \psi_{AG} p_{AG} \quad (F26)$$

In der Summierstelle S2 wird die Summe des Vorsteuerwertes  $A_{DK,V}$  und des Regelwertes  $A_{DK,R}$  des Strömungsquerschnitts an der Drosselklappe gebildet und als Sollwert  $A_{DK,Soll}$  des Strömungsquerschnitts an den Block B35 weitergeleitet. In dem Block B35 wird aus einem Kennfeld abhängig von dem Sollwert  $A_{DK,Soll}$  des Strömungsquerschnitts an der Drosselklappe 14 ein Sollwert  $\alpha_{DK,SP}$  des Öffnungsgrades der Drosselklappe ermittelt. Ein nicht dargestellter Lageregler der Drosselklappe stellt den Sollwert  $\alpha_{DK,SP}$  über einen Stellantrieb der Drosselklappe 14 ein.

## 50 Patentansprüche

1. Einrichtung zum Steuern einer Brennkraftmaschine mit einem Ansaugtrakt (1), in dem eine Drosselklappe (14) angeordnet ist, bei der ein Beobachter vorgesehen ist, der ein dynamisches Modell des Ansaugtraktes (1) der Brennkraftmaschine umfaßt, und ein Regler (B30) vorgesehen ist,
  - 55 – dessen Regel- und Führunggröße der Saugrohrdruck ( $p_S$ ) in dem Ansaugtrakt (1) ist,
  - dessen Regelparameter abhängen von Größen, die der Beobachter ermittelt, und
  - der ein Stellsignal zum Steuern der Drosselklappe (14) erzeugt.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Regelparameter abhängt von einer Zeitkonstante des Modells.
3. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Regelparameter abhängt von einem Verstärkungsfaktor des Modells.
4. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens ein Regelparameter abhängt von einem Mengenstrom ( $\dot{V}_{zyl}$ ) in einen Zylinder (Z1) der Brennkraftmaschine.
5. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Regelparameter abhängt von der Temperatur ( $T_{L1}$ ) der Luft, die von dem Zylinder (Z1) angesaugt wird.
6. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (B30) als Proportional-, Integral- und Differential-Regler ausgebildet ist.
7. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß eine Vorsteuerung (B31)

# DE 198 44 637 C 1

vorgesehen ist, die das Stellsignal korrigiert.

8. Einrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Stellsignal des Reglers (B30) ein Strömungsquerschnitt ( $A_{DK,R}$ ) an der Drosselklappe (14) ist und daß die Vorsteuerung (B31) einen Korrekturstromungsquerschnitt ( $A_{DK,V}$ ) ermittelt, der abgeleitet ist von einer Berechnungsvorschrift des Modells für den Saugrohrdruck ( $p_S$ ) unter der Annahme, daß der Saugrohrdruck ( $p_S$ ) stationär ist.

9. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 oder 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsteuerung abhängt von einem Schätzwert des Saugrohrdrucks in dem Ansaugtrakt.

10. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsteuerung abhängt von einem Schätzwert des Abgasdrucks in dem Zylinder während einer Ventilüberschneidung der Ein- und Auslaßventile des Zylinders.

11. Einrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Vorsteuerung abhängt von einem Schätzwert des Umgebungsdrucks.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

**- Leerseite -**

FIG 1

